

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-231522

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑯ 公開 昭和61年(1986)10月15日

G 02 F 1/055  
// G 02 B 6/127448-2H  
8507-2H

審査請求 有 発明の数 1 (全5頁)

⑰ 発明の名称 光制御型光スイッチ装置

⑱ 特 願 昭60-72546

⑲ 出 願 昭60(1985)4月8日

⑳ 発 明 者	川 口	隆 夫	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉑ 発 明 者	足 立	秀 明	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉒ 発 明 者	東 野	秀 隆	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉓ 発 明 者	和 佐	清 孝	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉔ 出 願 人	工 業 技 術 院 長			

## 明 細 書

## 1、発明の名称

光制御型光スイッチ装置

## 2、特許請求の範囲

- (1) サファイヤ基板と上記サファイヤ基板上に設けられたPLZT系薄膜からなる少なくとも2本の互いに交差する光導波路と、上記交差路上に配置された制御電極と、上記光導波路と制御電極との間に設けたPLZT薄膜より小さい屈折率を有するパッファ層とを備え、上記光導波路を上記PLZT系薄膜表面に帯型の上記PLZT系薄膜より小さく上記パッファ層より屈折率の大きいストリップ層を形成して構成し上記サファイヤ基板上に光起電力膜を設け、この光起電力膜と上記制御電極とを電氣的に結合させたことを特徴とする光制御型光スイッチ装置。
- (2) ストリップ層を、酸化タンタル、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化ニオブ、酸化ジルコン、酸化アルミニウムなどの酸化物の少なくとも一種で構成しパッファ層を、酸化タンタル、酸化チタ

ン、酸化イットリウム、酸化ニオブ、酸化ジルコン、酸化アルミニウム、酸化珪素などの酸化物の少なくとも一種で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光制御型光スイッチ装置。

(3) ストリップ層を、酸化タンタル、パッファ層を、酸化タンタル-酸化アルミニウム化合物で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光制御型光スイッチ装置。

## 3、発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明は光制御型光スイッチに関する。特に本発明は薄膜光導波路用の全反射型の光制御型光スイッチの構成とその構成材料に関するものである。

## 従来の技術

従来、光制御型光スイッチとして例えば $\text{LiNbO}_3$ 単結晶のような電気光学効果による屈折率変化を利用した光学材料が用いられていた。この場合、例えば第2図に示すように表面を研磨した $\text{LiNbO}_3$ 単結晶基板21の表面層にTi金属を拡散させて互いに交差する光導波路22を形成するとともに、

制御電極2を石英ガラスからなるバッファ層24を介して光導波路の交差路25上に設け、さらに光起電力膜26を設け、この膜26と電極2を電氣的に接続した制御電極空隙231に電界を印加し、電極空隙231下の光導波路の屈折率を低下させ低屈折率層を形成し、光導波路22中を伝搬する光を低屈折率層との界面で全反射させ光スイッチにしようとするものであった。すなわち、たとえば $\ell_1$ から $\ell_2$ に進む光を電圧の印加により $\ell_1$ から $\ell_3$ に変更させるものである。

しかしながら、 $\text{LiNbO}_3$ 単結晶の電気光学効果による屈折率の変化量 $\Delta n$ は、 $1\text{KV}/\mu\text{m}$ の電界でたかだか $10^{-4}$ 程度であり、例えば制御電極23のギャップ(空隙131)の幅 $4\mu\text{m}$ の全反射型光スイッチの場合、スイッチング動作させるためには50V以上もの電圧が必要となり、低電圧駆動が困難であった。さらに、この第2図の構造では、Ti拡散に1000°C以上の熱処理が必要であり、微小光学素子例えば微小レンズ、プリズムなどの形成が困難であるとともに大面積の光起電力

膜26が必要となった。また、この種の基板では、半導体素子例えばSiからなる微小光検出素子のモノリシックな集積化が困難であり、高密度の光デバイス例えば光IC用の光スイッチとしては実用性に欠くという欠点があった。

以上の欠点を克服するために本発明者らは、電気光学効果の大きいPLZT系薄膜からなる第3図に示す光制御型光スイッチを提案した(特願昭58-59949号)。すなわち、同図において、サファイヤ( $\alpha$ -アルミナ)基板31上にPLZT系薄膜31からなる少なくとも2本の交差する光導波路32を形成し、この光導波路の交差路33上に設けられた一定間隔の電極空隙231を有し、電極空隙231が上記光導波路32の鋭角なる交差角の2等分線上に位置し、かつ光導波路32の交差路33上に上記空隙231を形成するように制御電極23を配置し、光導波路32と制御電極23との間にPLZT系薄膜31より小さい屈折率を有するバッファ層24を設け、さらに上記光導波路32を、PLZT系薄膜31の一部32A

とこの32A表面に形成した帯型のPLZT系薄膜よりなるリッジ部32Bにて構成し、サファイヤ基板21上に光起電力膜34を設けかつ電氣的に起電力膜34と制御電極23とを電氣的に結合させて構成したものである。

すなわち、第2図に示したように従来の光スイッチにおけるグレイトインデックス構造のTi-拡散型 $\text{LiNbO}_3$ 光導波路と異なり、通常光導波路として用いられる膜厚 $0.1\sim 2\mu\text{m}$ のPLZT系薄膜31で、光導波路32の幅 $3\sim 20\mu\text{m}$ 、リッジ部32Bと周辺部との膜厚差すなわちステップ高がリッジ部のPLZT系薄膜全体の厚さの $\frac{1}{2}$ 以下の構造でマルチモード光導波路を形成しても、モード変換は問題なく、光伝搬損失も $20\text{dB}/\text{cm}$ 以下(波長 $1.06\mu\text{m}$ レーザ光)で素子として利用できるものであった。この光スイッチの光起電力膜34に光を照射し所定の電圧を発生させた場合、従来のTi-拡散型 $\text{LiNbO}_3$ 光制御型光スイッチの $\frac{1}{2}$ 以下の20Vの駆動電圧で消光比14dBの低電圧スイッチング動作を可能とした。さらに、

上記構造の光導波路32により、Ti-拡散型 $\text{LiNbO}_3$ 光導波路に見られた光導波路の広がりがなく、又ステップ高も $500\text{nm}$ 以下でよいため、平面構成が容易であり微小なマイクロレンズの組み込みが可能であり、光スイッチの特性の改善がなされた。

#### 発明が解決しようとする問題点

しかしながら、従来のPLZT系光導波路からなる光制御型光スイッチには以下に示す問題点を有していた。すなわち、光制御型光スイッチとして使用する場合、光ファイバとの光結合を実施し、光起電力膜に光スイッチの制御光を照射して光信号の交換等の動作を行うが、PLZT系光導波路はPLZT系薄膜(屈折率2.6)とサファイヤ基板(屈折率1.7)との屈折率の差が大きいため、第3図に示したリッジ部32Bの膜厚の制御された製作精度は数十Å以下が必要とされると共に光結合の位置精度も百Å以下の精度で固定されないと光スイッチの最適の特性を出すことは困難である。つまり、光スイッチは最低次の基本モードを

動振させた場合のみ最適特性を出すことが出来るので、光結合の位置ずれにより高次モードが生成した場合光制御型光スイッチの特性が劣化する現象が生じる。実験室内の防振台上で特性が出て、光ファイバとの接着固定時には、例えば接着剤の硬化収縮などによる光結合の位置ずれにより特性が硬化前後で変化し劣化するという問題点を有していた。

~~本発明者は~~本発明者は従来例の有する光結合時における位置ずれによる光制御型光スイッチの特性劣下を改善するものである。

問題点を解決するための手段

すなわち、本発明者は、サファイヤ基板（ $\alpha$ -アルミナ）と上記サファイヤ基板上に設けられたPLZT系薄膜からなる少なくとも2本の互いに交差する光導波路と、上記交差路上に配置された制御電極と、上記光導波路と制御電極との間に設けたPLZT薄膜より小さい屈折率を有するバッファ層とを備え、上記光導波路と上記PLZT系薄膜表面に帯型の上記PLZT系薄膜より小さく

基板11とサファイヤ基板11上に設けられたPLZT系薄膜12からなる少なくとも2本の互いに交差する光導波路13と、交差路14上に配置された制御電極15と、光導波路13と制御電極15との間に設けたPLZT薄膜12より小さい屈折率を有するバッファ層16とを備え、PLZT薄膜の一部よりなる光導波路13をPLZT系薄膜12表面に帯型のPLZT系薄膜12より小さくバッファ層16より屈折率の大きいストリップ層17を形成して構成し、サファイヤ基板11上に光起電力膜18を設け、光起電力膜と制御電極15とを電氣的に結合させ構成した。

本実施例においては、ストリップ層17を少なくとも酸化タンタル、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウムなどの酸化物の少なくとも一種で構成し、バッファ層16を酸化タンタル、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化珪素などの酸化物の少なくとも一種から構成すると良好であった。この種の酸化物は化学的に

上記バッファ層より屈折率の大きいストリップ層を形成して構成し、上記サファイヤ基板上に光起電力膜と上記制御電極とを電氣的に結合させて成する手段により問題点の解決を行った。

作 用

上記構成において、ストリップ層と、バッファ層との屈折率の差を小さくすると、ストリップ層の膜厚を従来例の10倍以上精度のゆるやかな数百 $\mu$ mの精度で制御することによりPLZT系薄膜光導波路内の動振可能な導波モード数を1（単一モード）から数個（多モード）まで自在に製作できるので、光ファイバとの光結合の位置精度が数百 $\mu$ m程度に改善できるものである。すなわち、本発明はストリップ層とバッファ層との組み合わせにより新しい構成を見出し、新しい光制御型光スイッチ装置を発明したものである。

実 施 例

以下に実施例を用いて本発明を詳細に説明する。第1図は本発明にかかる1実施例の構成の要部斜視図である。すなわち、サファイヤ（ $\alpha$ -アルミナ）

安定であり、例えばマグネトロンスパッタ法で形成すると低温形成が出来、且つPLZT系薄膜との密着性に優れていた。

特にストリップ層17に酸化タンタル、バッファ層16を酸化タンタル-酸化アルミニウム化合物で、例えばマグネトロンスパッタ法で蒸着し形成すると、透光性に優れ誘電率が比較的大きく（ $\epsilon \sim 20$ ）、PLZT系薄膜12と制御電極14との間にストリップ層17とバッファ層16とを介在させても電界が良くPLZT系薄膜12に印加され低電圧駆動に適していた。

具体的に構成を示す。サファイヤC面基板11上にマグネトロンスパッタ法によりよりPLZT（28/0/100）粉末から基板温度500～600°CでPLZT系薄膜12（屈折率2.6、電気光学定数 $R = 0.2 \times 10^{-6} (\text{m/V})^2$ ）を形成後、フォトリソグラフィにより導波路幅10 $\mu$ m、交差角2°の導波路パターンを作成し金膜タンタルターゲットから反応性マグネトロンスパッタ法により酸化タンタル（屈折率2.1）

を500Å蒸着し、リフトオフ法によりストリップ層17を形成した。次に金属タンタル-アルミニウム合金ターゲットから同じく反応性マグネトロンスパッタ法により酸化タンタル-酸化アルミニウム化合物(屈折率2.05)を1500Å蒸着しバッファ層18とした。ギャップ幅4μmの制御電極14を蒸着アルミ(膜厚2000Å)のリフトオフにより形成したのち、p-n直列接続からなるGaAs光起電力セル18をサファイヤ基板上に接着し、Alワイヤーで制御電極15と電気的に結合し、光制御型光スイッチを構成した。

上記構成にすると、光ファイバから光結合された導波光は導波モード数が2~3個であり光ファイバと光導波路との光結合位置ずれは、数百Å程度まで許容されるので、光ファイバと光導波路との接着固定前後の硬化収縮による変化はごく少なく良好な特性を示した。すなわち、接着前、光起電力セルに0.8μmの光を照射すると、出力電圧20Vでスイッチング動作し、分岐比14dB、消光比14dBで、接着後同じく20Vでスイッ

チング動作し、分岐比12dB、消光比12dBと若干の特性の低下は認められたが、硬化収縮の影響は第2の従来例においては分岐比5dBに劣化が発生するのに比較しはるかに改善が出来た。

#### 発明の効果

以上のように本発明にかかる光制御型光スイッチにおいては、従来のTi拡散LiNbO<sub>3</sub>において困難であった微小光学素子形成、低電圧駆動、また本発明者らの提案による従来のPLZT系薄膜の光スイッチにおいて困難であった光ファイバ結合時における特性低下を、バッファ層とストリップ層の導入による組合せ効果によりPLZT系薄膜の光スイッチのもつ問題点を改善したもので、光制御型光スイッチのもつ給電線を必要としない特長を活かし引火性雰囲気における光伝送システムの要素部品としてその工業的価値は高い。

#### 4、図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の光制御型光スイッチ装置の構造を示す斜視図、第2図は従来の光制御型光スイッチの構造を示す斜視図、第3図は従

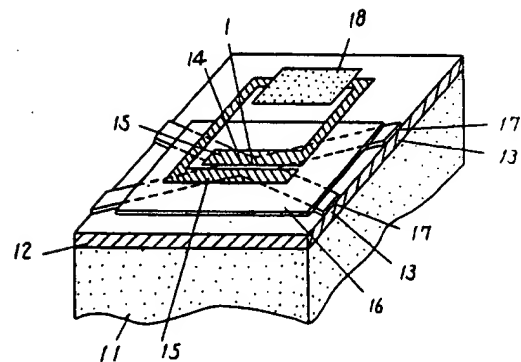
来の他の光制御型光スイッチの構造を示す要部斜視図である。

11……サファイヤ基板、12……PLZT系薄膜、13……光導波路、14……交差部、15……制御電極、16……バッファ層、17……ストリップ層、18……光起電力膜。

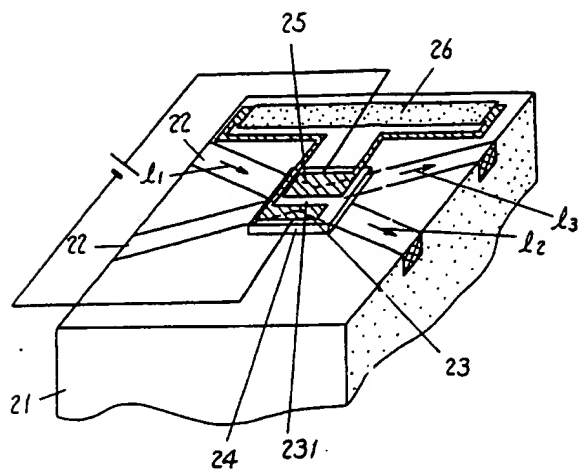
特許出願人 工業技術院長 等々力 達

第1図

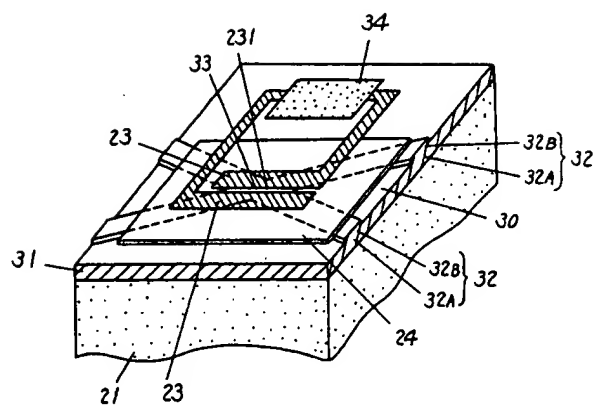
- 11 --- サファイヤ基板
- 12 --- PLZT系薄膜
- 13 --- 光導波路
- 14 --- 交差部
- 15 --- 制御電極
- 16 --- バッファ層
- 17 --- ストリップ層
- 18 --- 光起電力膜



第 2 図



第 3 図



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 61231522 A

(43) Date of publication of application: 15 . 10 . 86

(51) Int. Cl

G02F 1/055

// G02B 6/12

(21) Application number: 60072546

(22) Date of filing: 08 . 04 . 85

(71) Applicant: AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
ADACHI HIDEAKI  
TONO HIDEAKA  
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL CONTROL TYPE OPTICAL SWITCH DEVICE

electrically connected.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve a position accuracy in an optical bond of the titled device and an optical fiber to hundreds of  $\text{\AA}$  by making a difference between a strip layer and a buffer layer small.

CONSTITUTION: The titled device consists of at least two of optical waveguides 13 composed of a sapphire ( $\alpha$ -alumina) substrate 11 and a PLZT thin film 12 provided on the sapphire substrate 11 and crossing with each other, and a control electrode 15 arranged on a crossed optical waveguide 14, and a buffer layer 16 having a smaller refractive index than that of the PLZT thin film 12 provided between the optical waveguide 13 and the control electrode 15. The optical waveguide 13 composed of a part of the PLZT thin film is constituted by forming the stripe layer 17 having the refractive index lower than that of the band-shaped PLZT thin film and larger than that of the buffer layer 16 on the surface of the PLZT thin film 12. A photovoltaic film 18 is provided on the sapphire substrate 11, and the photovoltaic film and the control electrode 15 are

